

国内外天然气计量状况简要回顾

天然气作为一种优质能源和化工原料其计量越来越被人们重视。欧美等工业化水平较高的发达国家，对天然气计量技术的研究起步较早，投入的资金及科技力量较大，尤其是对贸易天然气的计量十分重视。从流量计选型上，欧洲主要使用涡轮、腰轮流量计，如在荷兰涡轮、腰轮流量计的使用约占 80%，在加拿大涡轮流量计的使用约占 90%，而美国则以使用孔板为主，约占 80%。从整体上来看，在流量计使用上，70 年代形成了孔板使用高潮，80 年代形成了涡轮流量计使用的高潮，90 年代中后期则掀起了超声流量计热潮。

在流量标准方面，各国流量工作者花费了大量时间，付出了艰苦的努力，在分析总结大量的实验和应用数据的基础上，相继推出具有代表性的标准如天然气流量标准孔板计量标准(AGA No.3)、气体涡轮流量计标准(AGA No.7)、天然气及其他烃类气体的压缩性和超压缩性标准(AGA No.8)、用气体超声流量计测量天然气标准(AGA No.9)、用差压装置测量流体流量标准(ISO5167)、气体涡轮流量计标准(ISO9951)、气体超声波流量计标准(ISO/TR12765)以及天然气压缩因子计算标准(ISO/DIS12213)等，这些标准规程对天然气流量计量具有积极的指导意义。

与此同时，在国外人们从重视干标法逐步过渡到实流检定的思维模式——重视量值溯源与量值传递工作，相继出现许多实流检定实验室，如美国科罗拉多工程实验室 (CEESI)、美国西南研究院(SWRI)、荷兰国家计量研究院(NMI)、加拿大标定站(TCC)、德国(Pigsar)、英国国家工程实验室 (NEL)、日本国家计量院(NRLM)。

近几年，国际法制计量组织(OMIL)气体计量分委员会欧共体起草了国际建议 PREN1776“天然气计量系统基本要求”，较详细地规定了天然气计量系统的组成和对辅助设备的具体要求，对天然气计量系统的设计原则及设计指南，计量系统的在线检定、安装和操作维护等进行了规定。

我国天然气计量起步较晚，气藏主要分布在四川、长庆、新疆，仪表的使用选型主要使用孔板，其比例约占 88%，采用几何检定法。从 70 年代以来，我国参照国外系列标准，结合自己的实际情况，在天然气仪表的设计选型、使用、安装、维护、管理、气质分析等方面作了相应的工作，得出一些较重要的结论，同时对现场阻力件、复杂工况影响，摸索出了一些成熟的经验，在标准方面形成了《天然气流量的标准孔板计量方法》(SY/T6143—1996)标准、等效采用 ISO5167 形成 GB2624 标底，但就总体水平，与国外还存在显著差距。

近几年，我国天然气计量技术新进展

我国大量使用的孔板节流装置及其二次仪表双波纹管差压计的计量技术，由于其固有的缺陷，如孔板在使用过程中的不断磨损、腐蚀；现场阻力件组合形式远不止标准规定的 7 种情况；现场旋涡流、脉动流影响因素复杂；对于气量波动大、变化频率高的状况适应性差；导压管易引起信号滞后等[1]，不能保证其计量准确度，这给流量工作者带来了新的研究课题。近几年来，我国天然气计量技术取得了以下一些新的进展。

1、孔板节流装置二次仪表智能化

1998 年以来，在二次仪表方面，对部分天然气计量装置进行了改造，现场逐步采取配用智能压力变送器、温度变送器，流量计算机以取代双波纹管差压计，从而实现计量自动化。该系统变送器具有准确度高、稳定性好，可利用它的通讯功能进行在线故障诊断、组态和校验，天然气流量计量逐步走向在线、智能、实时计量。

2、适应中小流量的新型智能式流量计应用

为解决部分现场在中小流量和中低压情况下流量波动较大，孔板计量准确性较差的特殊难题，国内推出智能漩进旋涡流量计、智能涡轮流量计，该类流量计能在线采集压力、温度、工况流量、标定流量、实时修正压缩因子以及自动进行温度、压力补偿。经过实流标定和在现场较大范围应用(如四川、新疆、大港、大庆等)，效果较好。近期又出现了该类型的双探头智能流量计，抗干扰能力进一步增强。

3、高压大流量计量技术研究

随着国外气体超声流量计的迅速发展，我国及时跟踪国外先进计量技术，自 1999 年以来，由国家原油大流量计量站成都天然气流量分站(以下简称计量分站)牵头，对具有典型代表的美国 Daniel、荷兰 Instromet、美国 Contronlotron 所生产的气体超声流量计进行了实流测试，研究

在理想安装条件、非理想安装条件、旋转不同角度安装条件、带压更换超声换能器、不同压力条件、声道故障状态的性能并进行现场应用。得出气体超声流量计干校后仍需实流检定和周期送检等重要结论[2]。经过天然气实流测试后，北京、大庆、新疆、四川、天津、河北等已逐步引进气体超声流量计约 40 台。口径在 DN150mm - DN400mm 之间，不确定度为 0.5%-1.0%。

4、实流检定技术的发展

过去标准孔板一直沿用“几何检验法”，流量检定装置通常使用空气作介质，负压检定。1996 年华阳计量分站建成，该站拥有 mt 原级标准装置，总不确定度为 0.1%和从美国 CEESI 引进临界流音速喷嘴次级标准装置，总不确定度为 0.25%，具备天然气流量实流检定条件。最近 4 年，实流检定技术日趋成熟，已建立起全套天然气实流检定方法、程序、管理制度，并与国外如美国、荷兰、英国、德国等技术和水平逐步靠近。为了更好地模拟现场工况，减少装载、运输带来的系列困难，控制和合理减少现场计量误差，我国实流检定逐步从室内走向现场。如，国家原油大流量计量站(大庆)的移动式音速喷嘴标定车(压力 1.6MPa、管径 DN200mm、流量 90000m³/h)，计量分站新购置的移动式气体超声流量标定车(压力 6.4MPa、管径 DN600mm、工况流量 80-8000 m³/h)。

5、标准的逐步完善与统一

孔板标准由 SYL04-83 升级为 SY/T6143-1996，现正准备升为国家标准；《用气体超声流量计测量天然气》非等效采用 AGA NO.9，同时也参考了 ISO/TR12765 的部分内容，2001 年 4 月，已通过国家专标委评审。《天然气计量系统技术要求》，非等效采用 PREN1776：《天然气测量系统基本要求》，2001 年 8 月，已通过国家专标委评审。目前正在准备起草《用涡轮流量计测量天然气》国家标准。

6、国际流量比对

国外流量比对比起步较早，最近几年华阳计量分站在天然气流量方法与美国 CEESI、美国 SWRI、荷兰 NMI、德国 Pigsar 进行了初步的流量比对工作，结果基本一致。2000 年在巴西举行的第 10 届国际流量会议中国作为会员正式参加国际循环比对工作组(BIPM/CIPM/CCM 下属流量测量工作组 WGFF)第一次会议[3]。2001 年 4 月初，我国在土耳其参加了第二届国际流量工作组(BIPM/CIPM/CCM/WGFF)会议。

7、科研技术与国际学术交流活动

近几年来，我国天然气流量计量取得较大科研成就。比较典型的科研项目有：“天然气、空气、水为介质对孔板计量性能的影响研究”、“天然气计量技术研究”、“气体超声流量计的测试与现场应用研究”、“新型流量计及新型整流器的研究与应用”、“安装条件对孔板影响因素的研究”等。

我国参与国际计量学术活动比较频繁，如：参加美国 API 会议、参加英国国际法制计量组织(OMIL)，主持和申办国际流量测量学术会议 FLOMEKO 和 ISO/TC193 等。

天然气计量新的观念与发展趋势

随着中国加入 WTO，外资企业不断进入我国天然气市场以及引进国外天然气的可能性、天然气计量与国际接轨即将成为面对面的现实[4]，其计量观念与发展趋势也将由此而发生系列变化。分析表明，下一步我国天然气计量将向以下七方面发展：

1、计量方式向自动化、智能化、远程化计量方式发展

由于电子技术、计算机以及互联网技术的迅猛发展，天然气计量已逐步向在线、实时、智能靠近，同时依靠网络技术实现远程化通讯、控制和管理，如 SCADA 系统的应用和智能涡轮流量计智能系统。

2、检定方式、量值溯源从静态单参数向动态多参数溯源发展

过去流量计检定方式通常采用检定静态单参数方法，如标准孔板依靠几何检定法检定孔板的 8 个几何静态单参数来保证流量计的准确。随着国内国外实流检定技术的成熟，天然气流量量值溯源正逐步向实流检定方向发展，即以实际天然气介质、在接近实际现场工况等条件下对流量的分参数如压力、温度、气质组分和流量总量进行动态量值溯源。

3、仪表选型从单一仪表向多元化仪表发展

过去流量仪表选型比较单一，近几年随着对流量计的研究和开发，不同的流量计有不同的特点和适应范围，流量仪表选型由此呈现从单一仪表向多元化仪表方向发展。如，对中低压、中小流量可选择智能型速度式流量计(涡轮、漩进旋涡流量计)；对高压、大流量可选择气体超声流量计。近期，又出现了一种新型流量计——内文丘利管，它可适合流量变化范围大的中低流量工况。

4、计量标准由单一标准向多重标准发展

我国天然气计量标准不断发展、丰富和完善，结合国外标准后我国流量计量标准已基本构成完整的体系，正逐步由单一标准向多重标准发展。

5、计量方式从体积计量向能量计量发展

我国天然气贸易计量方法是在法定的质量指标下按体积计量。随着市场经济的不断完善和WTO的即将加入，要求我国天然气贸易计量方法尽快与国际接轨。2000年5月，ISO/TC193第12次年会在成都召开，专题讨论了SC2/WG4有关天然气能量计量工作组文件(ISO/WD 15112)，2000年12月出了委员文件(ISO/CD 15112)。有关天然气能量计量成为发展趋势，我国正在加快进程开展相应的准备工作。

6、单一数据管理向计量系统管理方向发展

单一数据管理具有诸多缺点。计算机技术的发展给天然气计量系统管理创造了良好的条件。天然气计量管理从影响测量结果的各个方面、各个环节进行全过程的、动态的、科学管理。中油股份公司西南油气田分公司2001年即将完成的科研课题《西南油气田分公司天然气计量信息管理系统》为天然气计量自动化及过程管理提供了信息管理系统。

7、计量管理从事后计量纠纷解释向事前过程管理发展

随着市场经济的发展，人们越来越重视天然气计量，特别是贸易计量。因此，人们对天然气计量在管理观念上正发生根本性转变，不仅对现场计量器具的使用及相应人员进行管理，并从事后计量纠纷解释向加强事前仪表采购选型、安装使用、过程控制、质量监督、数据管理、实流检定的管理转变和发展。